

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002394

International filing date: 17 February 2005 (17.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-334552
Filing date: 18 November 2004 (18.11.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 April 2005 (28.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

01.04.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2004年11月18日

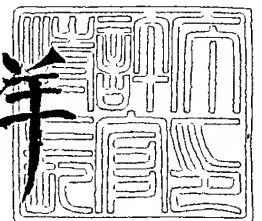
出 願 番 号
Application Number: 特願2004-334552
[ST. 10/C]: [JP2004-334552]

出 願 人
Applicant(s): 東京エレクトロン株式会社

2005年 2月15日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 JP042301
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/285
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内
 【氏名】 尾▲崎▼ 成則
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内
 【氏名】 野口 秀幸
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内
 【氏名】 壁 義郎
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内
 【氏名】 伊佐 和裕
【特許出願人】
 【識別番号】 000219967
 【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100099944
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 高山 宏志
 【電話番号】 045-477-3234
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2004- 43449
 【出願日】 平成16年 2月19日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 062617
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9606708

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

基板に対して減圧処理を施す基板処理装置における金属で汚染された処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に O_2 を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 2】

前記基板の処理は金属を含む基板の酸化処理であることを特徴とする請求項 1 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 3】

前記金属はタングステンであることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 4】

前記基板の処理はプラズマ処理であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 5】

金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に O_2 を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 6】

前記金属を含む膜は、タングステン系膜であることを特徴とする請求項 5 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 7】

前記金属を含む膜を有する基板のプラズマ処理は、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含むゲート電極の選択酸化処理であることを特徴とする請求項 6 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 8】

前記基板のプラズマ処理およびクリーニングは、平面アンテナを用いたプラズマまたは誘導結合型プラズマを用いたプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 4 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 9】

前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 4 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 10】

前記クリーニングは、 O_2 ガス単独のプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 11】

前記クリーニングは、 O_2 ガスおよび不活性ガスのプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 12】

前記クリーニングは、 O_2 ガスおよび H_2 ガスおよび不活性ガスのプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 1 3】

前記クリーニングを実施するプラズマの O_2 ガスに対する H_2 ガスの比が4以上であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 1 4】

前記クリーニングを実施するプラズマの O_2 ガスに対する H_2 ガスの比が8であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 1 5】

前記クリーニングは、 O_2 ガスおよび不活性ガスのプラズマと、 O_2 ガスおよび H_2 ガスおよび不活性ガスのプラズマとを交互に形成して実施されることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 1 6】

前記クリーニングに先立って、前記処理室をプラズマにより加熱することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 1 7】

前記クリーニングは、処理室内の温度を略 6 0 0 °C にして行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 1 8】

前記クリーニングは、処理室内の圧力を 6 7 P a 以下にして行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 1 7 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 1 9】

前記基板処理装置は、前記処理室のプラズマに曝される面の少なくとも一部が誘電体で構成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 から請求項 1 9 のいずれかのクリーニング処理が実行されるようにコンピュータが前記基板処理装置を制御するソフトウェアを含むコンピュータプログラム。

【請求項 2 1】

請求項 1 から請求項 1 9 のいずれかのクリーニング処理が実行されるようにコンピュータが前記基板処理装置を制御するソフトウェアを含む記録媒体。

【書類名】明細書

【発明の名称】基板処理装置における処理室のクリーニング方法ならびにコンピュータプログラムおよび記録媒体

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板処理装置における処理室のクリーニング方法に関し、より詳しくは、金属で汚染された処理室のクリーニング方法、ならびにその方法を実行するためのコンピュータプログラムおよび記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

近時、LSIの高集積化、高速化の要請からLSIを構成する半導体素子のデザインルールが益々微細化されており、それにともなって、DRAM等に用いられるトランジスタのゲート電極の低抵抗化が求められている。そのため、より抵抗の低いW系膜がゲート電極として用いられつつあり、タングステンポリサイド(WSi/poly-Siの積層膜)や、より抵抗の低いタングステンポリメタルゲート(W/WN/poly-Siの積層構造)が注目されている。

【0003】

一方、このようなタングステンポリメタルゲートやタングステンポリサイドを用いたゲート電極の製造プロセスにおいて、その側面のポリシリコンを選択酸化する工程が存在するが、その際に、タングステン酸化物を抑制しつつポリシリコンを選択酸化する観点から、プラズマ密度が高い低電子温度プラズマにより低温処理が可能な、RLSA(Radial Line Slot Antenna)マイクロ波プラズマ処理装置が用いられている(例えば特許文献1)。

【0004】

このような処理においては、タングステンを含むSiウエハを処理することとなり、処理後の処理チャンバーはタングステンで汚染された状態となる。このような処理チャンバーで次の選択酸化処理を行う場合には、タングステンが処理に悪影響を与えタングステンがコンタミネーションとして素子に取り込まれるおそれがある他、タングステンによって酸化処理が妨げられてしまう。したがって、処理後の処理チャンバーはクリーニングにより汚染レベルを半導体素子を製造可能なレベルまで清浄化する必要がある。

【0005】

従来、このようなWで汚染された処理チャンバーのクリーニングは、処理チャンバーを大気開放して、チャンバー内部部品を酸などでウェットクリーニングし、それに加えて真空チャンバー内壁を酸、水、または溶剤をしみこませたワイパーにより拭き取ることで行っている。

【0006】

しかしながら、このようにクリーニングする場合には、処理チャンバーを大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンデショニングする時間等、数時間単位の時間を要し、スループットが低くなる原因となっている。

【特許文献1】特開2000-294550号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、基板処理装置におけるタングステン等の金属で汚染された処理室を、高効率で清浄化することができる、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明の第1の観点では、基板に対して減圧処理を施す基

板処理装置における金属で汚染された処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に O_2 を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供する。

【0009】

また、本発明の第2の観点では、金属を含む膜を有する基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に O_2 を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供する。

【0010】

上記第1の観点において、前記基板の処理としては、金属を含む基板の酸化処理を提供することができる。また、前記金属の典型例としてタングステンを挙げることができる。さらに、前記基板の処理としては、プラズマ処理を適用することができる。

【0011】

上記第2の観点において、前記金属を含む膜として、タングステン系膜を用いることができ、具体的なプラズマ処理としては、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含むゲート電極の選択酸化処理を適用することができる。

【0012】

上記第1の観点においてプラズマ処理を適用する場合、および上記第2の観点において、前記基板のプラズマ処理およびクリーニングは、平面アンテナを用いたプラズマまたは誘導結合型プラズマを用いたプラズマにより実施することができる。また、前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることが好ましい。

【0013】

上記第1の観点および第2の観点において、前記クリーニングは、 O_2 ガス単独のプラズマ、 O_2 ガスおよび不活性ガスのプラズマ、 O_2 ガスおよび H_2 ガスおよび不活性ガスのプラズマにより実施することができる。この場合に、前記クリーニングを実施するプラズマの O_2 ガスに対する H_2 ガスの比が4以上であることが好ましく、8であることが特に好ましい。また、前記クリーニングは、処理室内の温度を略600℃にして行うことが好ましい。さらに、前記クリーニングは、処理室内の圧力を67Pa以下にして行うことが好ましい。

【0014】

さらにまた、前記クリーニングは、 O_2 ガスおよび不活性ガスのプラズマと、 O_2 ガスおよび H_2 ガスおよび不活性ガスのプラズマとを交互に形成して実施することができる。前記クリーニングに先立って、前記処理室をプラズマにより加熱してもよい。前記基板処理装置としては、前記処理室のプラズマに曝される面の少なくとも一部が誘電体で構成されているものを好適に用いることができる。

【0015】

本発明の第3の観点では、上記クリーニング処理が実行されるようにコンピュータが前記基板処理装置を制御するソフトウェアを含むコンピュータプログラムを提供する。また、本発明の第4の観点では、上記クリーニング処理が実行されるようにコンピュータが前記基板処理装置を制御するソフトウェアを含む記録媒体を提供する。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、金属を含む膜を有する基板のプラズマ処理等により金属で汚染された処理室を、大気開放することなく *in-situ* で O_2 を含むガスのプラズマにより処理することにより、タングステン成分を酸化させて昇華させることができ、極めて有効にタングステン成分を除去することができる。したがって、処理室を大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンデション

グする時間等が必要であった従来のクリーニング処理に比較してクリーニング時間を著しく短縮することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について具体的に説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図である。

【0018】

このマイクロ波プラズマ処理装置100は、所定のパターンで複数のスロットが形成された平面アンテナ(Radial Line Slot Antenna)を利用してマイクロ波発生源から導かれたマイクロ波をチャンバー内に放射し、プラズマを形成するRLSAマイクロ波プラズマ処理装置として構成されており、例えば、ゲート電極のポリシリコンの側壁を選択酸化する処理に用いられる。

【0019】

このプラズマ処理装置100は、気密に構成され、接地された略円筒状のチャンバー1を有している。チャンバー1の底壁1aの略中央部には円形の開口部10が形成されており、底壁1aにはこの開口部10と連通し、下方に向けて突出する排気室11が設けられている。チャンバー1内には被処理基板であるウエハWやダミーウエハWdを水平に支持するためのA1N等のセラミックスからなるサセプタ2が設けられている。このサセプタ2は、排気室11の底部中央から上方に延びる円筒状のA1N等のセラミックスからなる支持部材3により支持されている。サセプタ2の外縁部にはウエハWをガイドするためのガイドリング4が設けられている。また、サセプタ2には抵抗加熱型のヒータ5が埋め込まれており、このヒータ5はヒータ電源6から給電されることによりサセプタ2を加熱して、その熱で被処理体であるウエハWを加熱する。このとき、例えば室温から800℃までの範囲で温度制御可能となっている。なお、チャンバー1の内周には、誘電体、例えば石英からなる円筒状のライナー7が設けられている。

【0020】

サセプタ2には、ウエハWを支持して昇降させるためのウエハ支持ピン(図示せず)がサセプタ2の表面に対して突没可能に設けられている。

【0021】

チャンバー1の側壁には環状をなすガス導入部材15が設けられており、このガス導入部材15にはガス供給系16が接続されている。ガス導入部材はシャワー状に配置してもよい。このガス供給系16は、Arガス供給源17、H₂ガス供給源18、O₂ガス供給源19を有しており、これらガスが、それぞれガスライン20を介してガス導入部材15に至り、ガス導入部材15からチャンバー1内に導入される。なお、ガスライン20の各々には、マスフローコントローラ21およびその前後の開閉バルブ22が設けられている。

【0022】

上記排気室11の側面には排気管23が接続されており、この排気管23には高速真空ポンプを含む排気装置24が接続されている。そしてこの排気装置24を作動させることによりチャンバー1内のガスが、排気室11の空間11a内へ均一に排出され、排気管23を介して排気される。これによりチャンバー1内は所定の真空度、例えば0.133Paまで高速に減圧することが可能となっている。

【0023】

チャンバー1の側壁には、プラズマ処理装置100に隣接する搬送室(図示せず)との間でウエハWや、ダミーウエハWdの搬入出を行うための搬入出口25と、この搬入出口25を開閉するゲートバルブ26とが設けられている。

【0024】

チャンバー1の上部は開口部となっており、この開口部の周縁部に沿ってリング状の支持部27が設けられており、この支持部27に誘電体、例えば石英やAl₂O₃等のセラ

ミックスからなり、マイクロ波を透過するマイクロ波透過板 28 がシール部材 29 を介して気密に設けられている。したがって、チャンバー 1 内は気密に保持される。

【0025】

マイクロ波透過板 28 の上方には、サセプタ 2 と対向するように、円板状の平面アンテナ部材 31 が設けられている。この平面アンテナ部材 31 は支持部 27 の上端に係止されている。平面アンテナ部材 31 は、導体、例えば表面が金メッキされた銅板またはアルミニウム板からなり、複数のマイクロ波放射孔（スロット）32 が所定のパターンで貫通して形成された構成となっている。このマイクロ波放射孔 32 は、例えば図 2 に示すように長溝状をなし、隣接するマイクロ波放射孔 32 同士が交差するように、典型的には図示のように直交するように（「T」字状に）配置され、これら複数のマイクロ波透過孔 32 が同心円状に配置されている。すなわち、平面アンテナ部材 31 は R L S A アンテナを構成している。マイクロ波透過孔 32 の長さや配列間隔は、マイクロ波マイクロ波の波長等に応じて決定される。また、マイクロ波放射孔 32 は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、マイクロ波放射孔 32 の配置形態は特に限定されず同心円状の他、例えば、螺旋状、放射状に配置することもできる。

【0026】

この平面アンテナ部材 31 の上面には、真空よりも大きい誘電率を有する誘電体からなる遅波材 33 が設けられている。

【0027】

チャンバー 1 の上面には、これら平面アンテナ部材 31 および遅波材 33 を覆うように、例えばアルミニウムやステンレス鋼等の金属材からなるシールド蓋体 34 が設けられている。チャンバー 1 の上面とシールド蓋体 34 とはシール部材 35 によりシールされている。シールド蓋体 34 には、冷却水流路 34a が形成されている。なお、シールド蓋体 34 は接地されている。

【0028】

シールド蓋体 34 の上壁の中央には開口部 36 が形成されており、この開口部には導波管 37 が接続されている。この導波管 37 の端部には、マッチング回路 38 を介してマイクロ波発生装置 39 が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置 39 で発生した例えば周波数 2.45 GHz のマイクロ波が導波管 37 を介して上記平面アンテナ部材 31 へ伝搬されるようになっている。なお、マイクロ波の周波数としては、8.35 GHz、1.98 GHz 等を用いることもできる。

【0029】

導波管 37 は、上記シールド蓋体 34 の開口部 36 から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管 37a と、水平方向に延びる断面矩形状の矩形導波管 37b とを有している。これらの間にはモード変換器 40 が設けられている。同軸導波管 37a の中心には内導体 41 が延在しており、その下端部は、平面アンテナ部材 31 の中心に接続固定されている。

【0030】

プラズマ処理装置 100 の各構成部は、プロセスコントローラ 50 に接続されて制御される構成となっている。プロセスコントローラ 50 には、工程管理者がプラズマ処理装置 100 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置 100 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース 51 が接続されている。

【0031】

また、プロセスコントローラ 50 には、プラズマ処理装置 100 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 50 の制御にて実現するための制御プログラムや、処理条件に応じてプラズマエッチング装置の各構成部に処理を実行させるためのプログラムすなわちレシピが格納された記憶部 52 が接続されている。レシピはハードディスクや半導体メモリーに記憶されていてもよいし、CDROM、DVD等の可搬性の記憶媒体に収容された状態で記憶部 52 の所定位置にセットするようになっていてもよい。さらに、他の装置から、例えば専用回線を介してレシピを適宜伝送させるようにしてもよい。

【0032】

そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース51からの指示等にて任意のレシピを記憶部52から呼び出してプロセスコントローラ50に実行させることで、プロセスコントローラ50の制御下で、プラズマ処理装置100での所望の処理が行われる。

【0033】

このように構成されたプラズマ処理装置100においては、上述したように、ゲート電極の選択酸化処理が行われる。ゲート電極は、従来、図3の(a)に示すように、Si基板61上にゲート絶縁膜62を介してポリシリコン膜63を形成したものが用いられてきたが、LSIの高集積化、高速化にともなうデザインルールの微細化の要請から、ゲート電極の低抵抗化が求められており、図3の(b)に示すような、Si基板61上にゲート絶縁膜62を介してポリシリコン膜63を形成し、さらにその上にタングステンシリサイド(WSi)64を形成したタングステンポリサイド構造や、図3の(c)に示すような、Si基板61上にゲート絶縁膜62を介してポリシリコン膜63を形成し、さらにタングステンナイトライド(WN)膜65、およびタングステン(W)膜66を形成した、より抵抗の低いタングステンポリメタルゲート構造等、タングステン(W)を用いたゲートが用いられている。したがって、ポリシリコンのみを酸化する選択酸化が必要となる。なお、図3の(a)～(c)において、符号67はゲート電極をエッチングする際に用いられた、例えばSiNからなるハードマスク層、68は選択酸化により形成された酸化膜である。

【0034】

これらのうち、図3の(c)のタングステンポリメタルゲート電極を例にとってその製造工程を説明すると、まず、Si基板61上に例えば熱酸化等によりゲート絶縁膜62を形成し、その上にCVDによりポリシリコン膜63、タングステンナイトライド(WN)膜65、タングステン(W)膜66、ハードマスク層67を順次成膜し、その上にフォトリソグレイフイーによりフォトリソグレイフイーを形成した後、フォトリソグレイフイーによりフォトリソグレイフイーをマスクとしてハードマスク層67をエッチングし、さらにフォトリソグレイフイー+ハードマスク層67またはハードマスク層67をマスクとしてタングステン(W)膜66、タングステンナイトライド(WN)膜65、ポリシリコン膜63を順次エッチングしてゲート電極構造を形成し、その後、以下の条件で選択酸化処理を行ってポリシリコン膜63の側壁に酸化膜68を形成し、図3の(c)の構造を得る。

【0035】

プラズマ処理装置100によりゲート電極の選択酸化処理を行う際には、まず、ゲートバルブ26を開にして搬入出口25からゲート電極が形成されたウエハWをチャンバー1内に搬入し、サセプタ2上に載置する。

【0036】

そして、ガス供給系16のArガス供給源17、H₂ガス供給源18、およびO₂ガス供給源19から、Arガス、H₂ガス、およびO₂ガスを所定の流量でガス導入部材15を介してチャンバー1内に導入し、所定の圧力に維持する。この際の条件としては、例えば流量を、Arガス:1000mL/min、H₂ガス:200mL/min、O₂ガス:100mL/minと高H₂ガス濃度の条件とし、チャンバー内圧力を3～700Pa、例えば6.7Pa(50mTorr)とする。

【0037】

次いで、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波をマッチング回路38を経て導波管37に導く。マイクロ波は、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37aを順次通って平面アンテナ部材31に供給され、平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンバー1内におけるウエハWの上方空間に放射される。

【0038】

平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンバー1に放射されたマイクロ波によりチャンバー1内ではH₂ガス、Arガス、およびO₂ガスがプラズマ化し、このプラズマによりウエハWのゲート電極のポリシリコン側壁を選択酸化する。このマイ

クロ波プラズマは、略 $10^{11} / \text{cm}^3$ 以上のプラズマ密度でかつ略 1.5 eV 以下の低電子温度プラズマであり、低温かつ短時間で選択酸化処理を行って薄い酸化膜を形成することができ、しかも下地膜へのイオン等のプラズマダメージが小さい等のメリットがある。また、図3の(b)、(c)に示すようなタングステン(W)を含むゲート電極の場合に、このように高密度プラズマにより低温、短時間で、かつ高 H_2 / O_2 のガス配合でポリシリコンの選択酸化処理を行うので、タングステン(W)の酸化による WO_x (WO_3 、 WO_2 、または WO) の昇華を極力抑えて極めて高精度の処理を行うことができる。

【0039】

しかしながら、 WO_x の昇華は完全には防止することができず、昇華した WO_x によってチャンバー1内が汚染される。このような状態のチャンバー1で次のウエハに対して選択酸化処理を行う場合には、チャンバー1に付着したタングステン(W)が処理に悪影響を与えタングステン(W)がコンタミネーションとして素子に取り込まれるおそれがある他、タングステン(W)によって酸化処理が妨げられてしまう。したがって、選択酸化処理後のチャンバー1はクリーニングによりタングステン(W)の汚染レベルを例えば $10^{10} \text{ atoms} / \text{cm}^2$ オーダーまたはそれ以下のレベルまで清浄化する必要がある。汚染レベルは低いほど良い。

【0040】

本実施形態においては、上述のようなWを含有するゲート電極のポリシリコン側壁の選択酸化処理を行った後、Wによって汚染されたチャンバー1を大気開放することなく、プラズマによるドライクリーニングを実施する。以下、このクリーニング処理について図4を参照しながら説明する。

【0041】

選択酸化処理後、まず、図4の(a)に示すように、大気開放することなく、ゲートバルブ26を開にして減圧状態に保持された搬送室70から搬入出口25を介して搬送装置71により、清浄なダミーウエハWdをチャンバー1内に搬入し、サセプタ2上に載置する。これはダミーウエハWdにて、サセプタ2をプラズマから保護するため、およびチャンバー1のクリーニング後にダミーウエハWdの表面を観察して汚染状態の改善度合いを評価するために行われる。なお、この工程は必須のものではなく、サセプタ2のダメージを考慮する必要がない場合にはダミーウエハWdは載置しなくてもよい。

【0042】

次に、図4の(b)に示すように、チャンバー1内を排気しつつガス供給系16から O_2 を含むガスをチャンバー1内に導入する。そして、図4の(c)に示すように、上記ポリシリコン側壁の選択酸化処理の際と同様、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波をチャンバー1内に導き、 O_2 を含むガスをプラズマ化する。すなわち、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波は、マッチング回路38を経て導波管37に導かれ、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37aを順次通って平面アンテナ部材31に供給され、平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンバー1内に放射され、このマイクロ波によりチャンバー1内に導入された O_2 を含むガスがプラズマ化する。その際に、図4の(d)に示すように、このプラズマにより、基本的にチャンバー1に付着した WO_x は昇華し、排気管23を介して排気され、これにより、チャンバー1内が清浄化される。この際に、処理ガス中に H_2 が含まれていると、 WO_x が還元されて、イオンなどのより不安定な状態となっていっそう昇華しやすくなるものと推測される。このようなクリーニング処理は、1枚のデバイスウエハの選択酸化処理が終了する毎に行うことが好ましい。また、選択酸化処理に先立って、クリーニング処理と同様の条件でシーズニング処理を行うことが好ましい。もちろん、デバイスウエハを複数枚処理した後にクリーニングするようにしてもよい。

【0043】

このようなクリーニング処理において、チャンバー1内の圧力は、例えば $3 \sim 700 \text{ Pa}$ に設定される。この中では $3 \sim 67 \text{ Pa}$ が好ましく、例えば 6.7 Pa が例示される。また、チャンバー1内の温度(例えばサセプタ2の温度)は、 45°C 以上が好ましい。こ

の際にサセプタ 2 の温度は高い方がよく、略 600℃ が特に好ましい。さらに、マイクロ波発生装置 39 のパワーは 1.0~5.0 kW が好ましい。

【0044】

導入する O₂ を含むガスは、O₂ ガス単独でもよいが、好ましくは O₂ ガス + Ar ガスであり、さらに好ましくは O₂ ガス + H₂ ガス + Ar ガスである。O₂ ガス単独の場合には、その流量は 50~1000 mL/min が好ましく、特に、100~500 mL/min 程度が好ましい。O₂ ガスの流量が多くなりすぎるとプラズマ密度が低下するため、クリーニング効果が低下してしまう。また、O₂ ガスと Ar ガスのプラズマの場合には、これらの流量を適切に調整することにより、O₂ ガス単独の場合よりもクリーニング効果を高めることができる。これは、Ar ガスが入ることにより、プラズマ密度が高くなるためであると思われる。この場合の流量は、O₂ ガス: 10~500 mL/min、Ar ガス: 200~2000 mL/min が好ましい。そして、さらに H₂ ガスを適量加えたプラズマの場合には、クリーニング効果を一層高めることができる。O₂ ガス + H₂ ガス + Ar ガスの場合の流量は、O₂ ガス: 10~500 mL/min、Ar ガス: 200~2000 mL/min、H₂ ガス 10~500 mL/min が好ましい。O₂ ガスに対する H₂ ガスの流量比が 4 以上でクリーニング効果を高めることができ、8 が特に好ましい。

【0045】

また、O₂ ガス + Ar ガスと、O₂ ガス + H₂ ガス + Ar ガスとを交互に繰り返す、例えば O₂ ガス + Ar ガスに H₂ ガスを間欠的に添加することにより、クリーニング効果をさらに高めることができる。

【0046】

さらに、図 1 の装置に He ガスまたは Ne ガスをチャンバー 1 内に導入するラインを設け、クリーニング条件のプラズマを生成する直前に、チャンバー内に He ガスまたは Ne ガスのプラズマを生成させることが好ましい。これにより、チャンバー 1 壁の表面温度をプラズマ加熱で上昇させておくことができ、WO_x を一層昇華させやすくなるため、クリーニング効率が上昇する。

【0047】

このように、本実施形態によれば、チャンバー 1 を大気開放することなく、プラズマによりクリーニングしてチャンバー壁の W 成分を除去することができるので、チャンバーを大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンデョニングする時間等が必要であった従来のクリーニング処理に比較してクリーニング時間を著しく短縮することができる。一例を挙げれば、従来少なくとも 2 時間必要であったものを、2~30 分にすることができる。

【0048】

次に、本発明の効果を確認した実験について説明する。

まず、クリーニングのガス種および流量を変化させてクリーニング効果を確認した。この実験では、図 1 の装置を用い、最初に W 汚染のないチャンバーに全面に W 膜が形成された Si ウエハ (200 mm) 1 枚をチャンバーに搬入し、クリーニング処理を模擬して、O₂ ガス単独、O₂ ガス + Ar ガス、O₂ ガス + H₂ ガス + Ar ガスを用い、流量を種々変化させてチャンバーに導入するとともに、マイクロ波発生装置のパワーを 3.4 kW とし、マイクロ波をチャンバーに導入し、ウエハ温度 400℃ でプラズマを 180 秒間生成した。チャンバー壁温度は 45℃ であった。

【0049】

次いで、W 膜が形成された Si ウエハを搬出し、清浄なベア Si ウエハを搬入し、ポリシリコンの選択酸化条件と同様の条件にてプラズマ処理を行った。すなわち、ガス流量: Ar/H₂/O₂ = 1000/200/100 mL/min とし、チャンバー内圧力: 6.7 Pa、マイクロ波発生装置のパワー: 3.4 kW、サセプタ温度: 400℃、処理時間: 110 秒とした。

【0050】

この処理の後、ベア Si ウエハを搬出し、その表面の W 汚染量を TXRF (全反射蛍光

X線分析)により計測した。このW汚染量は上述のクリーニング条件によってW付きウエハから取り去られたW量と強い相関があると考えられ、取り去られたW量が多いほどクリーニング効果が大きいと判断できるため、このW汚染量によってクリーニング効果の大小を判断した。結果を図5に示す。

【0051】

図5に示すように、 O_2 ガス単独の場合、流量を100、300、500 mL/minで変化させたが、これらの中で、300 mL/minが最もクリーニング効果が高かった。これは、 O_2 ガスが多すぎるとプラズマ密度が低下し WO_x の生成率が低くなるためであると考えられる。 O_2 ガスとArガスの両方を供給した場合 ($Ar/O_2 = 1000/100$ mL/min) には、ベアSiウエハのW濃度が増加し、 O_2 ガス単独の場合に比較してクリーニング効果が上昇することが確認された。

【0052】

次に、実際のクリーニングテストを行った。

ここでは、図1の構造の装置を用い、まず、チャンバーをクリーニングし、Wフリーの状態とした。次いで、サセプタ上のベアSiウエハを載せ、次の酸化処理と同じ条件でチャンバー内のシーズニングを行った。

【0053】

その後、1枚目のウエハとして、ベアSiウエハをサセプタ上に載せ、ポリシリコンの選択酸化処理と同様の条件で酸化処理を行った。その際の条件は、ガス流量： $Ar/H_2/O_2 = 1000/200/100$ mL/minとし、チャンバー内圧力：6.7 Pa、マイクロ波発生装置のパワー：3.4 kW、ウエハ温度：400℃、処理時間：110秒とした。処理後、この1枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果W濃度は検出限界の 3×10^8 atoms/cm²以下であった。なお、W濃度測定は、上述したTXRFを用いて行った（以下、同じ）。この値をチャンバーのリファレンスのW濃度とした。

【0054】

引き続き、表面にW膜を有するSiウエハをサセプタ上に載置し、処理時間を2分間にした以外は同様の条件で酸化処理を行った。なお、この時間はデバイスウエハ約1ロット（5枚相当）に対応する。処理後、このW膜付きウエハを搬出し、2枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタ上に載置し、1枚目のウエハと同様の条件で酸化処理を行った。処理後、この2枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果、ウエハ表面のW濃度は約 4×10^{10} atoms/cm²と高くなった。

【0055】

次いで、 Ar/O_2 ガスによるプラズマクリーニングを行い、W汚染量の減少を確認した。すなわち、3枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタに載置し、ガス流量： $Ar/O_2 = 1000/300$ mL/min、チャンバー内圧力：6.7 Pa、マイクロ波発生装置のパワー：3.4 kW、サセプタ温度：400℃、処理時間：180秒の条件でクリーニング処理を行い、処理後、この3枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。同様のクリーニング処理とW濃度測定を13枚目のウエハまで合計11枚繰り返した。

【0056】

最後に、14枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタに載置し、1枚目のウエハと同じ条件で酸化処理を行った後、この14枚目のウエハを取り出して表面のW濃度と酸化膜の厚さを測定した。これら一連の実験の結果を図6に示す。

【0057】

図6は、横軸にウエハのNo.（何枚目か）をとり、縦軸にウエハ表面のW濃度をとって、本発明のクリーニングによる効果を示す図である。この図に示すように、本発明の範囲内の3分間のクリーニング処理がウエハ10枚分以内、すなわち30分間以内でW濃度が 1×10^{10} atoms/cm²以下となることが確認された。具体的には、21分以上、好ましくは27分以上でW濃度が 1×10^{10} atoms/cm²以下を達成可能で

あることが確認された。また、1枚目、2枚目、14枚目のウエハの選択酸化処理の際の酸化膜の厚さを測定した結果、1枚目では酸化膜の厚さが110秒の処理で7.99nmであったのに対し、2枚目ではWの汚染によりポリシリコンの酸化が妨げられて酸化膜の厚さが110秒で7.75nmと薄くなった。これに対し、チャンバー内がクリーニングされてW汚染が解消された後の14枚目のウエハにおける酸化膜の厚さは8.03nmであり、W汚染による酸化阻害が生じていないことが確認された。

【0058】

次に、条件を種々変化させて、実際のクリーニングテストを行った。

ここでは、図1の構造の装置を用い、上のテストと同様、まず、チャンバーをクリーニングし、Wフリーの状態とし、次いで、サセプタ上のベアSiウエハを載せチャンバー内のシーズニングを行い、その後、1枚目のウエハとして、ベアSiウエハをサセプタ上に載せ、上記テストと同様に酸化処理を行った。処理後、この1枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定し、W濃度は検出限界以下であることを確認した。

【0059】

引き続き、表面にW膜を有するSiウエハをサセプタ上に載せ、上のテストと同様の条件でデバイスウエハ約1ロット(25枚相当)に対応する10分間酸化処理を行った。W膜付きウエハを搬出し、2枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタ上に載置し、1枚目のウエハと同様の条件で酸化処理を行った。処理後、この2枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果、ウエハ表面のW濃度は 10^{12} atoms/cm²オーダーと高い値となった。

【0060】

次いで、Ar/O₂/H₂ガスによるプラズマクリーニングを行い、W汚染量の減少を確認した。すなわち、3枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタに載置し、ガス流量の比率、チャンバー内圧力、チャンバー壁温度(サセプタ温度)を変化させ、処理時間180秒でクリーニング処理を行い、処理後、この3枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。同様のクリーニング処理とW濃度測定を13枚目のウエハまで合計11枚繰り返した。

【0061】

最後に、14枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタに載置し、1枚目のウエハと同じ条件で酸化処理を行った後、この14枚目のウエハを取り出して表面のW濃度と酸化膜の厚さを測定した。

【0062】

まず、サセプタ温度を400℃、チャンバー内圧力を6.7Paとし、H₂/O₂比を0(Ar/O₂/H₂=1000:300:0mL/min), 8(Ar/O₂/H₂=1000:50:400mL/min), 10(Ar/O₂/H₂=700:50:500mL/min)と変化させて上記クリーニング処理を行い、表面のW濃度を測定した。その結果を図7に示す。

【0063】

図7に示すように、W濃度の測定値は、O₂ガスに対するH₂ガスの流量比(H₂/O₂比)が8までは、その値が上昇するほど低下する傾向があり、その値が4以上で比較的良好なクリーニング効果が得られる。そして、H₂/O₂比が8で最もW濃度が低く、最大のクリーニング効果が得られるが、それを超えてもクリーニング効果が低下する傾向があるから、H₂/O₂比が8の場合が特に好ましいことが確認された。

【0064】

次に、サセプタ温度を400℃、ガス組成をAr/O₂/H₂=1000:50:400mL/minとし、チャンバー内圧力を6.7Paにした場合と126Paにした場合とで上記クリーニング処理を行い、表面のW濃度を測定した。その結果を図8に示す。

【0065】

図8に示すように、チャンバー内圧力が低い6.7Paのほうが126PaよりもW濃度の測定値が低い結果となった。このことから、チャンバー内圧力が低いほどクリーニン

グ効果が高いことが確認された。

【0066】

次に、ガス組成を $\text{Ar}/\text{O}_2/\text{H}_2 = 1000:50:400 \text{ mL/min}$ 、チャンバー内圧力を 6.7 Pa とし、サセプタ温度を 400°C にした場合と 600°C にした場合とで上記クリーニング処理を行い、表面の W 濃度を測定した。その結果を図 9 に示す。

【0067】

図 9 に示すように、サセプタ温度が高いほうが W 濃度の測定値が低く、 600°C の場合に、 W 濃度が $3.6 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^2$ と採用した条件の中では最も低くなった。

【0068】

また、この際の 14 枚目のウエハにおける酸化膜の厚さは、ほぼ初期値と同等の 8.1 nm であり、 W 汚染による酸化阻害が生じていないことが確認された。

【0069】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく種々変形可能である。たとえば、上記実施の形態では、処理装置としてマイクロ波を複数のスロットを有する平面アンテナでチャンバー内に伝播して低電子温度で高密度のプラズマを形成するプラズマ処理装置を用いたが、このような装置構成以外の平面アンテナを適用した装置を用いることができる。また、アンテナに高周波電力を印加し、これによって誘電体を介して生じる誘導電界を利用する誘導結合型プラズマ処理装置によりプラズマを形成するようにすることもできる。これによっても高密度のプラズマを生成することができる。さらに、これら限らず、容量結合型プラズマ等の他のプラズマ処理装置処理でも、プラズマ処理以外の処理装置でも、容器（チャンバー）内に金属汚染が生じる処理装置であれば適用可能である。また、クリーニング処理をこのようなマイクロ波を複数のスロットを有する平面アンテナでチャンバー内に伝播してプラズマを生成することにより行ったが、これに限らず、上述したような、これ以外の平面アンテナを適用したプラズマや誘導結合型プラズマも好適に用いることができるし、容量結合型等、他のプラズマであってもよい。また、上記実施形態では金属が W の場合について示したが、 W 以外の他の金属、例えば Co 、 Ni 、 Ba 、 Sr 、 Ti 、 Hf 、 Zr 、 Ru 、 Cu 等にも適用することができる。

【0070】

さらに、クリーニングガスとして O_2 ガス単独、 O_2 ガス + Ar ガス、 O_2 ガス + H_2 ガス + Ar ガスを例示したが、上記組み合わせにおいて、 Ar ガスを他の不活性ガス（ He 、 Ne 、 Kr 、 Xe ）に置き換えることも可能である。また、 O_2 ガスを含むものであればよく、これら組み合わせに限定されない。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図 1】本発明の一実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図。

【図 2】図 1 のマイクロ波プラズマ装置に用いられる平面アンテナ部材の構造を示す図。

【図 3】ゲート電極の構造を示す図であり、(a) は従来のポリシリコンからなるゲート電極を示し、(b)、(c) は本発明の実施形態が適用される W 系膜を含むゲート電極を示す図。

【図 4】本発明の一実施形態に係るクリーニング方法を説明するための図。

【図 5】ガス組成による W 除去効果の差を実験した結果を示す図。

【図 6】実際に本発明のクリーニング方法を実施した場合の効果を示す図。

【図 7】 H_2/O_2 比を変化させて実際に本発明のクリーニング方法を実施した場合のクリーニング効果を示す図。

【図 8】チャンバー内圧力を変化させて実際に本発明のクリーニング方法を実施した場合のクリーニング効果を示す図。

【図 9】チャンバー壁温度（サセプタ温度）を変化させて実際に本発明のクリーニン

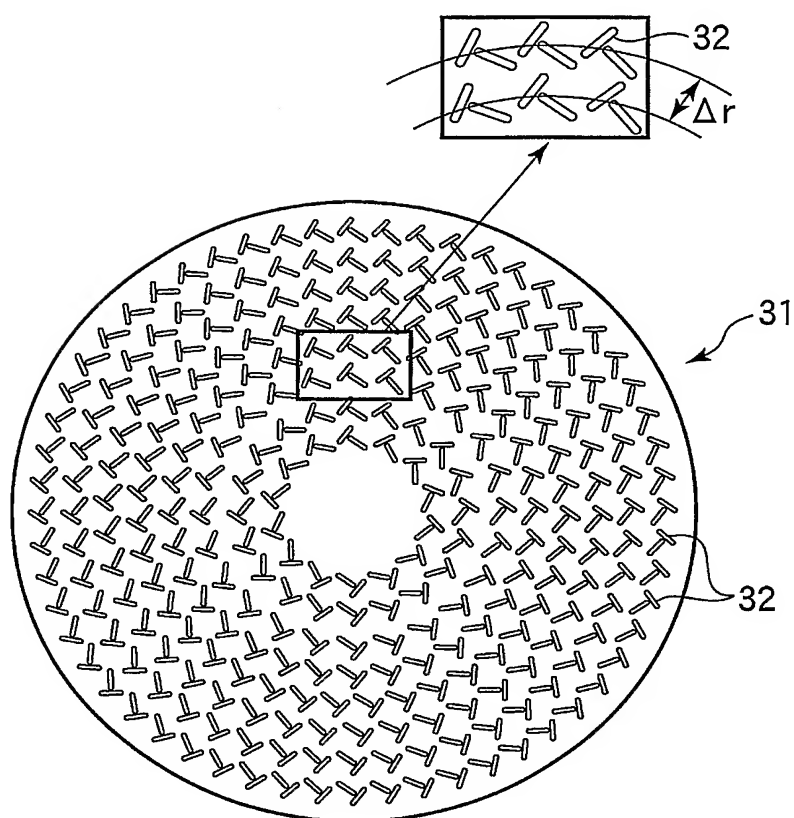
グ方法を実施した場合のクリーニング効果を示す図。

【符号の説明】

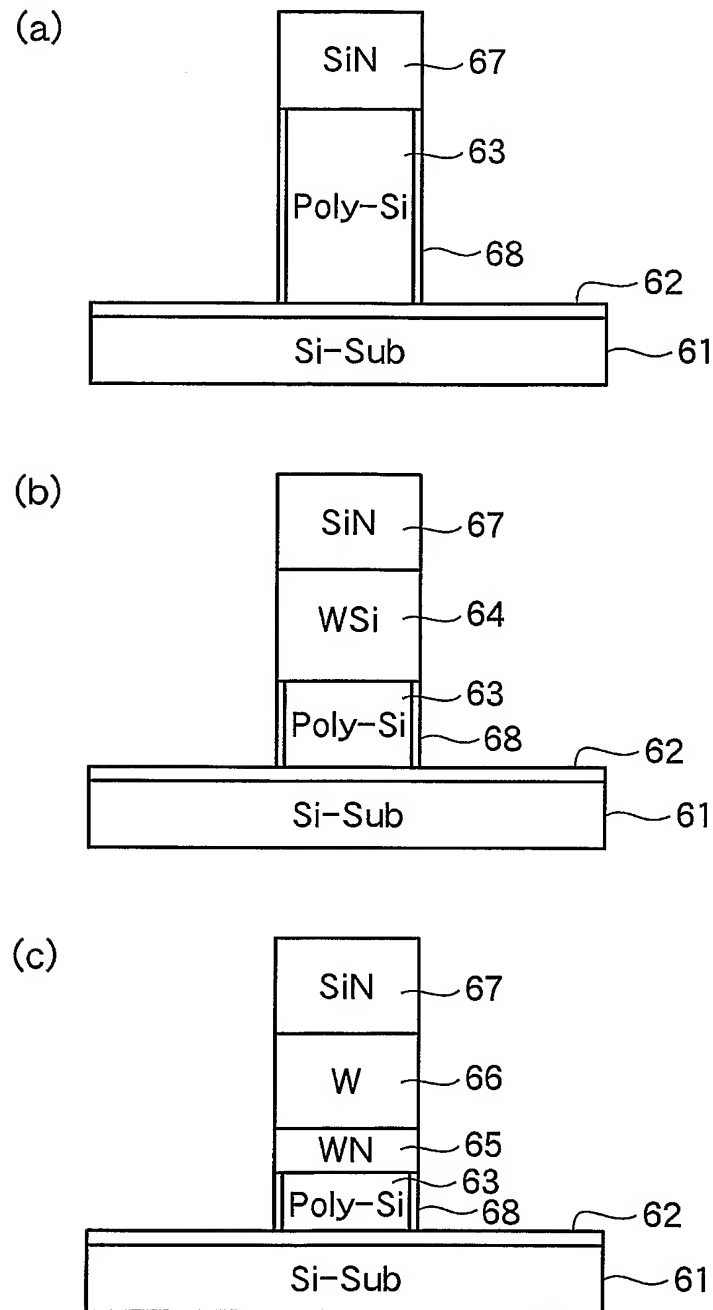
【0 0 7 2】

- 1 …チャンバー (処理室)
- 2 …サセプタ
- 3 …支持部材
- 5 …ヒータ
- 1 5 …ガス導入部材
- 1 6 …ガス供給系
- 1 7 …A r ガス供給源
- 1 8 …H₂ ガス供給源
- 1 9 …O₂ ガス供給源
- 2 3 …排気管
- 2 4 …排気装置
- 2 5 …搬入出口
- 2 6 …ゲートバルブ
- 2 8 …マイクロ波透過板
- 2 9 …シール部材
- 3 1 …平面アンテナ部材
- 3 2 …マイクロ波放射孔
- 3 7 …導波管
- 3 7 a …同軸導波管
- 3 7 b …矩形導波管
- 3 9 …マイクロ波発生装置
- 4 0 …モード変換器
- 5 0 …プロセスコントローラ
- 6 1 …S i 基板
- 6 2 …ゲート絶縁膜
- 6 3 …ポリシリコン膜
- 6 4 …W S i 膜
- 6 5 …W N 膜
- 6 6 …W 膜
- 6 8 …酸化膜
- 7 0 …搬送室
- 7 1 …搬送装置
- 1 0 0 …プラズマ処理装置
- W …ウエハ (基板)
- W d …ダミーウエハ

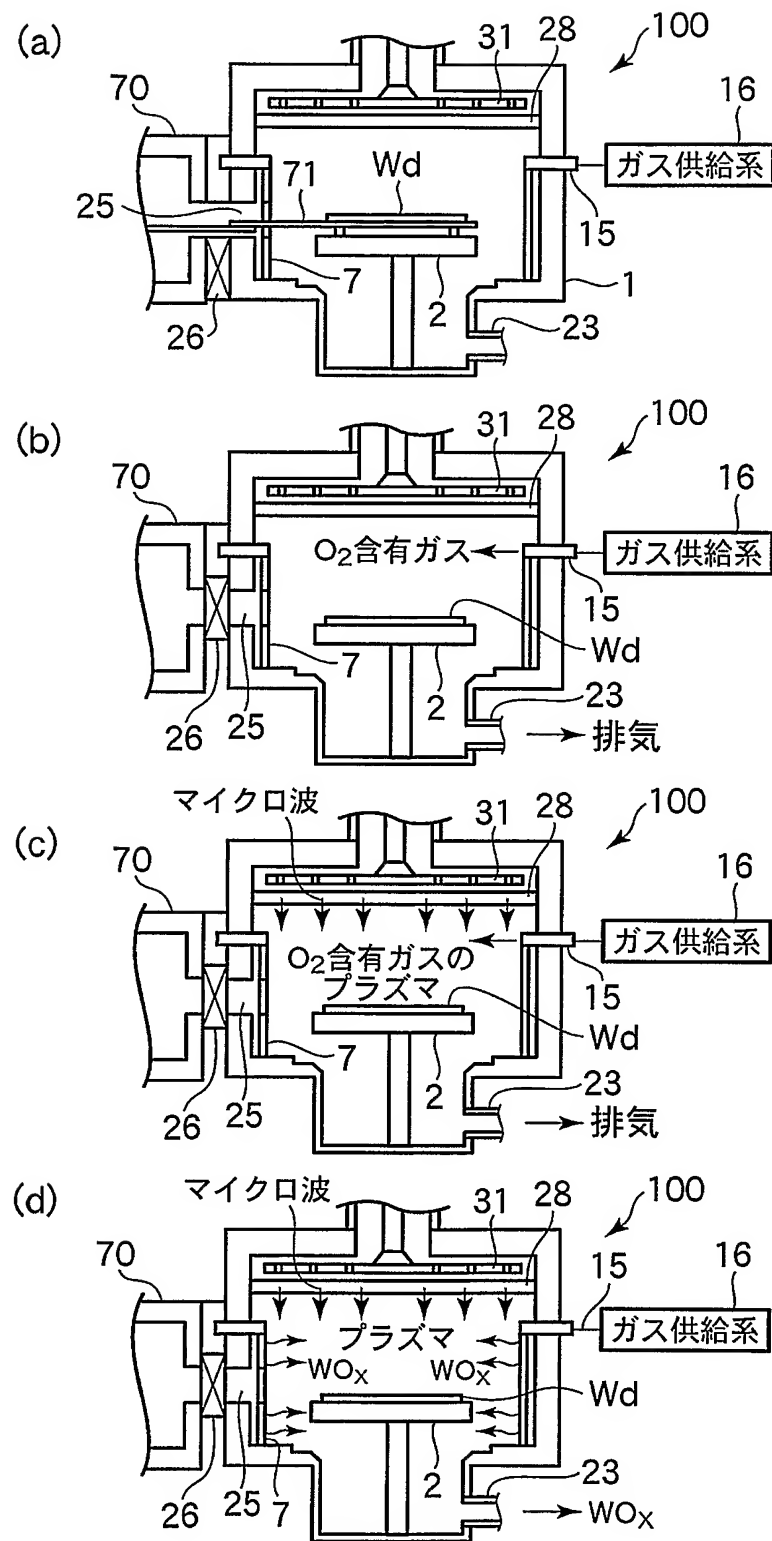
【図 2】



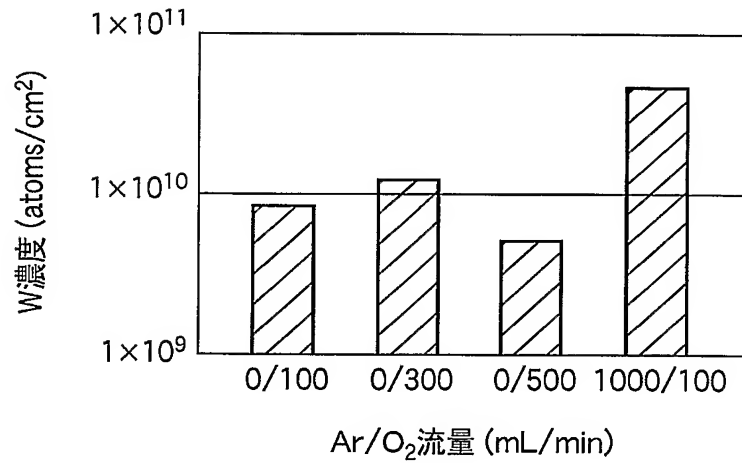
【図 3】



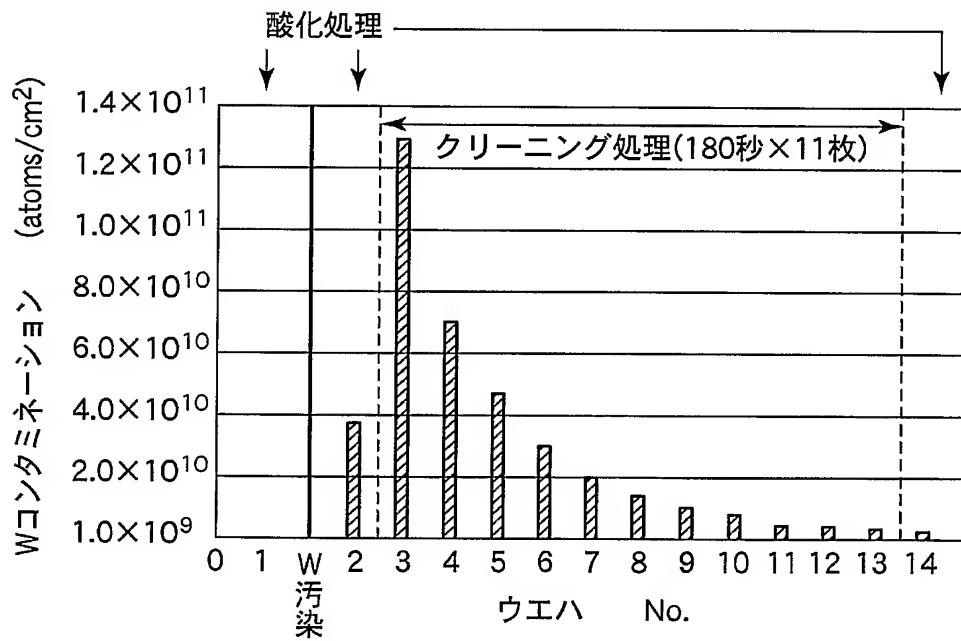
【図 4】



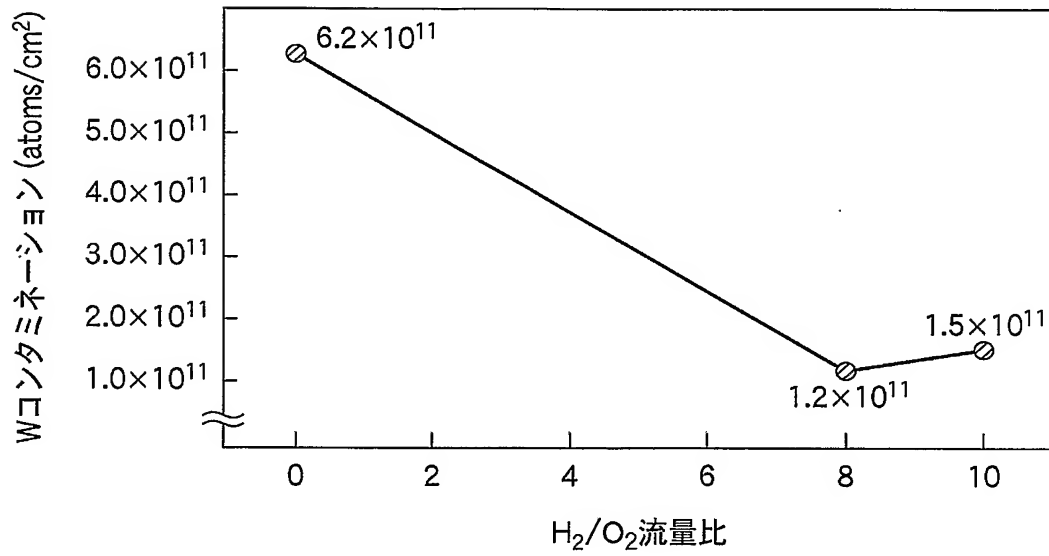
【図 5】



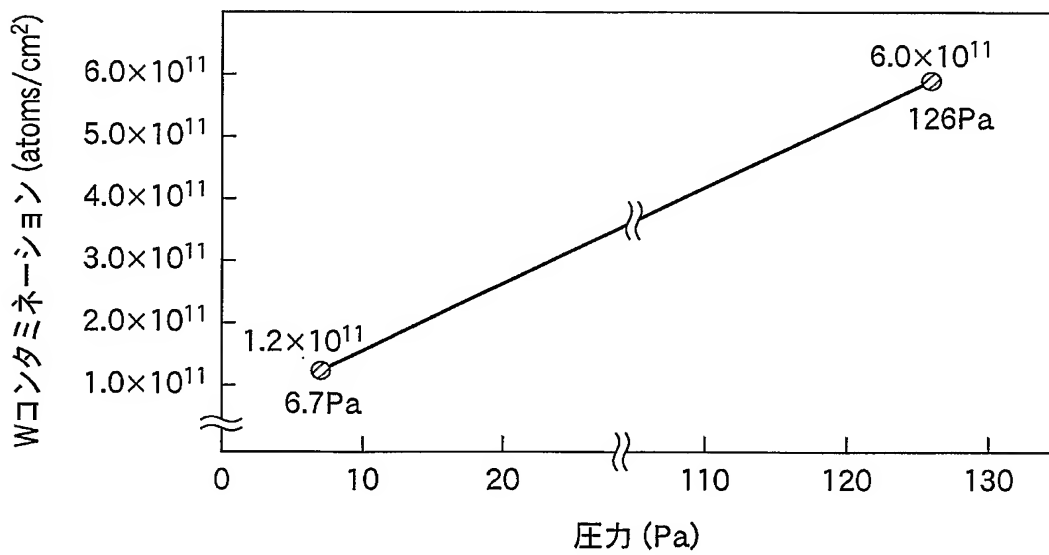
【図 6】



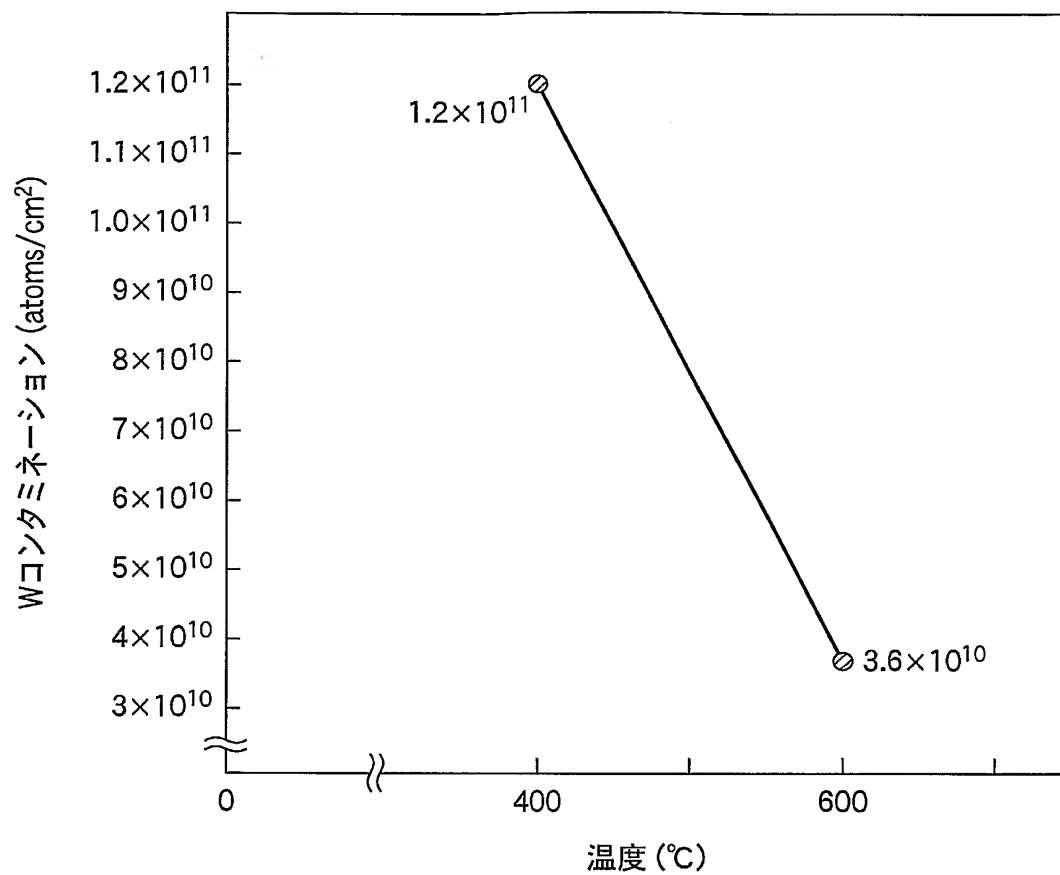
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 基板処理装置における金属で汚染された処理室を、高効率で清浄化することができる、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供すること。

【解決手段】 タングステン系膜を含む基板にプラズマ処理を施す基板処理装置 1 0 0 における処理室 1 をクリーニングするにあたり、プラズマ処理後、大気開放することなく処理室 1 内に O_2 を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して処理室 1 をクリーニングする。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2004-334552
受付番号	50401972504
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成16年11月24日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成16年11月18日
【特許出願人】	
【識別番号】	000219967
【住所又は居所】	東京都港区赤坂五丁目3番6号
【氏名又は名称】	東京エレクトロン株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100099944
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3丁目18番9号 新横浜 I C ビル 6 階
【氏名又は名称】	高山 宏志

特願 2 0 0 4 - 3 3 4 5 5 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 1 9 9 6 7]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 4 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号

氏 名

東京エレクトロン株式会社